

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MAPEAMENTO DAS LAVOURAS DE CAFÉ EM PRODUÇÃO DA  
MICRORREGIÃO DE PARACATU, MINAS GERAIS**

**GUILHERME AILSON DE SOUSA NOGUEIRA**

**BRASÍLIA  
Dezembro/2016**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**MAPEAMENTO DAS LAVOURAS DE CAFÉ EM PRODUÇÃO DA  
MICRORREGIÃO DE PARACATU, MINAS GERAIS**

**Guilherme Ailson de Sousa Nogueira**

**Orientador: Profª Dra. Marilusa Lacerda**

**BRASÍLIA – DF**  
**DEZEMBRO DE 2016**

GUILHERME AILSON DE SOUSA NOGUEIRA

**MAPEAMENTO DAS LAVOURAS DE CAFÉ EM PRODUÇÃO DA  
MICRORREGIÃO DE PARACATU, MINAS GERAIS**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Profa. Dra. Marilusa Pinto Coelho Lacerda

**BRASÍLIA - DF  
Dezembro/ 2016**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Nogueira, Guilherme Ailson de Sousa. Mapeamento das lavouras de café em produção da microrregião de Paracatu, Minas Gerais. Guilherme Ailson de Sousa Nogueira; orientação de Marilusa Pinto Coelho Lacerda. Brasília, 2016.

Monografia – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2016.

1. Sensoriamento Remoto. 2. OLI/Landsat-8. 3. Geoprocessamento 4. Café do cerrado. 5. Estimativa de produção. I. Nogueira, G.A.S II. Mapeamento das lavouras de café em produção da microrregião de Paracatu de Minas Gerais.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NOGUEIRA, G.A.S. **Mapeamento das lavouras de café em produção da microrregião de Paracatu, Minas Gerais.** 2016. 36f. Monografia (Curso de Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016

## CESSÃO DE DIREITOS

**NOME DO AUTOR:** GUILHERME AILSON DE SOUSA NOGUEIRA

**TÍTULO DA MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO:** Mapeamento das lavouras de café da microrregião de Paracatu, Minas Gerais

**GRAU:** Bacharel **ANO:** 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Guilherme Ailson de Sousa Nogueira

E-mail: Guilherme.sousa.nogueira@gmail.com

**GUILHERME AILSON DE SOUSA NOGUEIRA**

**MAPEAMENTO DAS LAVOURAS DE CAFÉ EM PRODUÇÃO DA  
MICRORREGIAO DE PARACATU, MINAS GERAIS**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de  
Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como  
parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para  
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.**

**Aprovado em 8 de dezembro de 2016**

**Comissão examinadora:**

---

**MARILUSA PINTO COELHO LACERDA, Dra. Profª Associado (FAV – UnB)  
(ORIENTADORA); e-mail: marilusa@unb.br**

---

**PATRÍCIA MAURÍCIO CAMPOS, Mestrado em Ciências Agrárias (FAV -  
UnB)  
E- mail: patricia.campos@conab.gov.br**

---

**Prof. Dr. MARCELO FAGIOLI (FAV - UnB)  
E-mail: mfagioli@unb.br**

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus e a toda minha família por todo apoio e confiança. A minha vó Terezinha, ao meu pai Ailson, minha mãe Betânia, meus irmãos Gustavo e Antônio Augusto.

Aos amigos do Dotão (Bob Buxa, Dbeiras, Rocha e Sky), que estão comigo desde a infância, participando de muitos momentos bons da minha vida.

A todos os meus amigos do Bola Murcha em especial aos Fundadores (Cassius, Daniel, Diego, Leandro, Lucas, Pedro, Ana Paula, André, Bárbara, Catherine, Djane, Erick, Igor, Jasmim, Karen, Lara, Larinha, Mari, Maíra, Tailine, Thalita Luzia), que fizeram esses anos de agronomia ótimos anos.

Agradeço também a minha orientadora Dr<sup>a</sup> Marilusa pela oportunidade e por toda ajuda com o trabalho.

A banca examinadora, Patrícia Campos e ao professor Marcelo Fagioli.

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília pela oportunidade concedida para realização do Curso de Agronomia.

Aos meus colegas da CONAB Tarsis, André, Lucas, Fernando e Clovis.

A Agência Nacional de Águas – ANA, por financiar os projetos desenvolvidos durante o estágio na Gerência de Geotecnologia da CONAB

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	2
2.1 Geral .....	2
2.2 Específicos .....	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.2 Cultura do café .....	4
3.3 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas .....	8
3.4 Sensoriamento Remoto .....	9
3.6 Geoprocessamento aplicado na estimativa de produção de café.....	13
3.7 Metodologia IBGE para estimativas de safras .....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	17
4.1 Caracterização da área .....	17
4.2 Mapeamento de cafezais por meio de imagens Landsat .....	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6 CONCLUSÕES .....	31
7 REFERÊNCIAS .....	32

## LISTA DE ABREVIATÖES

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DPI – Processamento Digital de Imagens

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OLI – *Operational Land Imager*

RGB – *Red, Green e Blue*

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SR – Sensoriamento Remoto

TIRS – *Thermal Infrared Sensor*

SR – Sensoriamento Remoto

TIRS – *Thermal Infrared Sensor*

TM – *Thematic Mapper*

USGS – *United States Geological Survey*



## RESUMO

O Brasil, atualmente, é o maior produtor e exportador mundial de café, e o segundo maior consumidor do mesmo. O estado de Minas Gerais representa o maior produtor de café arábica, com 67,8% do total produzido em 2016. A cultura do café representa grande importância econômica para o país, sendo imprescindível o conhecimento espacial da cultura tanto para previsão de safras quanto para planejamentos agrícolas em escala municipal, estadual e federal. Estimativas de produção de safra feitas a partir de técnicas de sensoriamento remoto têm se mostrado bastante eficiente, sendo o método mais promissor nesse sentido. O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da estimativa da produção de café mediante mapeamento das lavouras desta cultura em produção na microrregião de Paracatu, MG, por meio de técnicas de sensoriamento remoto em imagens do sensor OLI/Landsat 8. . Para o mapeamento em imagens do sensor OLI/Landsat 8, foi utilizada a metodologia de interpretação visual de imagens e edição vetorial manual no programa ArcGIS. Foi utilizado como base o mapeamento de 2012 realizado pela CONAB e com auxílio de imagens recentes de alta resolução espacial do *Google Earth*. Após realizado o mapeamento foi feito o cálculo das áreas de produção de café da microrregião estudada totalizando 9963,47 hectares, enquanto a estimativa realizada pelo IBGE em 2015 apresentou um resultado de 9068 hectares, por meio do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. A avaliação entre os dados obtidos pelas duas metodologias com variação de 9,87% das áreas em produção de café na região pode ser considerada aceitável, permitindo considerar que o mapeamento por meio de sensoriamento remoto para o cálculo da estimativa da produção de café constitui uma metodologia eficiente, menos oneroso em termos de tempo, custos e profissionais envolvidos.

**Palavras-chave:** OLI/Landsat 8, Sensoriamento Remoto, estimativas de produção, *Coffea arabica*.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira representa uma das principais atividades econômicas do país, com isso, é um setor importante no equilíbrio da balança comercial. Sendo assim, para que o Brasil seja competitivo no mercado internacional, é necessário que se obtenha informações agrícolas precisas internas e dos países concorrentes. Para que isso ocorra, é importante a realização de previsões ágeis que captem as mudanças mais sutis no panorama agrícola nacional. Assim, avanços nos sistemas de monitoramento, estimativas e previsão de safras podem ocasionar melhorias nas políticas agrícolas, principalmente na regularização dos estoques e na comercialização (PINO, 1999; D'ARCO, 2008).

No Brasil, a agricultura tem evoluído bastante a cada safra, assim, verifica-se o aumento da quantidade e complexidades dos trabalhos de estimativas, tanto de área cultivada quanto de produção. Outros fatores que dificultam esse trabalho é a grande extensão territorial, as diversidades regionais de aspectos físicos (clima, solo, relevo, cobertura vegetal e disponibilidade hídrica), econômicos (fontes de financiamento e nível de investimento em insumos tecnológicos) e sócio-culturais (CONAB, 2016).

O Brasil é o maior produtor mundial de café e a atividade cafeeira do estado de Minas Gerais se destaca, visto que diferentemente das demais unidades federativas da região sudoeste, representa o estado com a maior produção do país (CONAB, 2005).

Devido a grande importância sócio-econômica do agronegócio cafeeiro, o conhecimento da distribuição espacial da cultura é imprescindível tanto para a previsão de safras quanto para o planejamento agrícola sustentável em escala municipal, estadual e federal (MOREIRA et al. 2008).

Verifica-se uma tendência em se aprimorar os atuais métodos subjetivos de estimativas de produção por meio da inclusão de novas tecnologias, como a utilização de imagens de satélite de sensoriamento remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG's) (PINO, 2001).

Vários pesquisadores (EPIPHÂNIO; FORMAGGIO, 1991; LUIZ et al., 2001; MOREIRA et al. 2004; RIZZI e RUDORFF, 2005; SILVA et al. 2013; CAMPOS et al. 2013; SILVA JÚNIOR et al. 2014) avaliaram em seus trabalhos

o uso de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento como uma ferramenta auxiliar na estimativa de áreas agrícolas plantadas.

Segundo Adami (2004), o método mais promissor no estabelecimento de um modelo de previsão de safras, ou para estimar áreas agrícolas, sem dúvida é por meio de utilização de imagens de satélite, com suporte do geoprocessamento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da estimativa da produção de café mediante mapeamento das lavouras desta cultura em produção na microrregião de Paracatu, MG, por meio de técnicas de sensoriamento remoto em imagens de satélite.

### **2.2 Específicos**

- Realizar um mapeamento em imagens do sensor OLI/Landsat 8, por meio de edição vetorial manual no programa ArcGIS das áreas ocupadas com café em produção na microrregião de Paracatu, MG, no ano de 2016.
- Cálculo das áreas mapeadas por intermédio do programa ArcGIS para obtenção da estimativa da produção de café da região avaliada.
- Avaliar os resultados obtidos pelo mapeamento no ano de 2016 realizado por sensoriamento remoto, com os dados de produção de café da região fornecidos pelo IBGE em 2015.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Estimativas agrícolas**

Estimativas agrícolas de safras são necessárias para qualquer integrante da cadeia agropecuária (produtor, consumidor, governo e outros), pois essas estimativas permitem acompanhar as tendências do mercado, reduzindo especulações e seus impactos (ADAMI, 2004).

De maneira geral, os vários métodos utilizados para quantificar as áreas agrícolas podem ser classificados como diretos ou indiretos, dependendo da forma de coleta dos dados. Nos métodos diretos, pode ser feito utilizando desde medidas das áreas cultivadas com trenas ou similares a métodos mais eficazes e modernos, utilizando equipamentos como teodolitos, GPS, Estação Total, entre outros, ou seja, são feitas medições diretas no campo. Já nos métodos indiretos não há necessidade de se fazer uma medição direta no campo. Nesse método estima-se a área mediante questionários, entrevista com agricultores, reuniões com técnicos, entre outros. Em geral os métodos utilizados para fazer estimativas agrícolas são os indiretos (ADAMI, 2004).

Nos órgãos governamentais, as estimativas de safra, juntamente com a sua distribuição no espaço geográfico, aprimoram o enfoque das ações de políticas públicas para o setor agrícola. Sendo assim, o governo pode planejar com maior segurança as atividades que envolvem os principais elos da cadeia produtiva onde se encontra os produtores e consumidores (FIGUEIREDO, 2007).

Sob o ponto de vista dos países produtores, a utilização de um sistema eficiente de estimativa de previsão de safra permite uma melhor avaliação da colheita permitindo solucionar problemas como flutuações excessivas dos preços ou desvalorização dos produtos (DALLEMAND, 1987).

Com previsões de safras obtida com suficiente antecipação das colheitas das culturas e com exatidão aceitável é possível um planejamento das exportações agrícolas, auxilia nas tomadas de decisões com relação ao abastecimento do mercado interno e planejamento das importações, permitindo um planejamento do consumo do país e adoção de políticas governamentais tendentes a fomentar o desenvolvimento de produtos agrícolas relevantes para o país (RAMILO et al. 1999).

Atualmente, o grande desafio do cálculo de áreas cultivadas para a previsão de safras é o desenvolvimento de uma rotina sistemática que permita operacionalizar esta fase de acordo com o cronograma de levantamentos oficiais. A partir do advento da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e utilização de imagens orbitais para essa finalidade, esta atividade tem se tornado mais eficiente, rápida e de menor custo, visto que não exige a visita permanente às propriedades e envolve menores números de profissionais habilitados. No entanto, quando a determinação de áreas cultivadas envolvem grandes áreas territoriais, o volume de dados a analisar e a dificuldade em obter imagens orbitais das épocas anuais necessárias, com cobertura de nuvens aceitáveis, e em tempo hábil podem impossibilitar a geração de resultados satisfatórios (SMITH et al. 1987; CHARGARIAMUDI e PLUNKETT, 1993).

Mesmo diante desses problemas, os recursos oferecidos pelas tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto contribuem sobremaneira para estimativas mais eficientes e mais dinâmicas da produção agrícola regional e nacional (SMITH et al. 1987).

## **3.2 Cultura do café**

### **3.2.1 Descrição da espécie**

O cafeeiro é uma planta arbustiva, pertence a família das rubiáceas, originária na África, podem chegar até cinco metros de altura, caule retilíneo de casca cinzenta e rugosa, com folhas verdes escuras, opostas, curto pecioladas e curto estipuladas. Produz inflorescência em panículas recemosas com flores viçosas, bracteadas brancas. Seus frutos são do tipo capsula que contém sementes duras, globosas, brilhantes e pretas (ALZUGARAY et al. 1984).

### **3.2.2 Importância do café**

O Brasil, atualmente, é o maior produtor e exportador mundial de café e o segundo maior consumidor do mesmo. Atualmente possui uma área de produção estimada em 2,25 milhões de hectares. São cerca de 287 mil produtores, predominando mini e pequenos, em aproximadamente 1900 municípios, que se distribuem em 14 Estados: Acre, Bahia, Ceará, Espírito

Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rondônia, e São Paulo. Devido à extensão territorial do Brasil, apresentando diversidade de clima, relevo, altitudes e latitudes, o Brasil produz vários tipos e qualidade de café (BRASIL, 2016).

A produção de café do Brasil é uma das mais exigentes do mundo, preocupando-se em garantir uma produção sustentável, visando questões sociais e ambientais, com base em uma rígida legislação trabalhista e ambiental (BRASIL, 2016).

Atualmente, a produção de café é de suma importância para a economia do país, é fonte imprescindível de receita para centenas de municípios, e maior gerador de postos de trabalho na agropecuária nacional (BRASIL, 2016).

No ano de 2015, o café apresentou 7% das exportações do agronegócio brasileiro, ficando em 5º lugar no ranking das exportações brasileiras. Com receita de U\$6,16 bilhões, o equivalente a 37,1 milhões de sacas de 60 kg. Os principais destinos foram Estados Unidos, Alemanha, Itália, Japão e Bélgica (BRASIL, 2016).

### **3.2.3 Tipos de café mais produzidos no Brasil**

Devido a grande extensão territorial, o Brasil apresenta climas, altitudes, e tipos de solo diversificados, fazendo com que os produtores brasileiros obtenham grande variabilidade de qualidade de aromas, entre as duas espécies cultivadas, o café arábica e o café robusta (BRASIL, 2016). De acordo com os dados da CONAB (2016) o café arábica representa mais de 79,2% do total de café produzido no país e Minas Gerais é o maior produtor brasileiro de café arábica, com 67,8% do total produzido em 2015.

O café arábica (*Coffea arábica* L.) permite ao consumidor degustar um produto de maior qualidade. Originalmente produzido no oriente, esse tipo de café é cultivado em altitudes acima de 800 metros. Predomina nas lavouras de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Bahia, Rio de Janeiro e em Parte do Espírito Santo (BRASIL, 2016).

O café robusta (*Coffea canephora*) é usado para a fabricação de cafés solúveis, apresenta menos acidez e teor de cafeína maior. Predomina nas

lavouras do Espírito Santo, em Rondônia e em parte da Bahia e Minas Gerais (BRASIL, 2016).

#### **3.2.4 Café do cerrado**

No cerrado mineiro, localizado no Estado de Minas Gerais, encontra-se uma das experiências mais bem sucedidas com relação à produção no território rural brasileiro. Por meio de associações de produtores municipais, organizado pelos cafeicultores, o conselho das Associações dos Cafeicultores do Cerrado Mineiro (COCACCER) em 1995 obteve o reconhecimento da denominação de origem do produto e emite a certificação de origem do café do cerrado. Cabe ao COCACCER atestar a qualidade de café de seus filiados que atendam às especificações exigidas por aquela certificação. O café do cerrado foi a primeira região de origem produtora de café a ser demarcada no Brasil, segundo decreto do governo de Minas Gerais desde abril de 1995, sendo esta a primeira indicação de procedência reconhecida pelo INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) (ORTEGA et al., 2009).

A região do cerrado mineiro tem uma temperatura média de 18°C a 23°C, altitude de produção de café de 800 a 1300 metros acima do nível do mar e um índice pluviométrico médio de 1600 milímetros anuais, apresentando baixa umidade relativa do ar no período de colheita. Juntamente com as características do relevo, essas são condições bastante favoráveis ao cultivo do café (ORTEGA et al., 2009).

Após uma forte geada no norte do Paraná e oeste de São Paulo, o café foi introduzido na região do cerrado mineiro de maneira intensa, com a política de modernização da cafeicultura brasileira, iniciada em 1969. Até os anos de 1970 o café dessa região era destinado a, basicamente, consumo próprio. Entretanto, com os resultados obtidos (ampliação das áreas, uso de tecnologias modernas, alta produção, produtividade e melhoria na qualidade), o café passou a ser destinado essencialmente para exportação (ORTEGA et al., 2009).

Para a introdução do café na região do cerrado, foi preciso fazer diversas correções no solo, devido seus solos serem ácidos e pobres em nutrientes. As inovações físico-químicas foram essenciais para o

desenvolvimento do café na região. Além das inovações físico-químicas, as inovações biológicas foi imprescindível para a implantação do café no Cerrado Mineiro, novas variedades de plantas que possam ser melhor exploradas pelas máquinas, plantas com facilidades de desprendimentos dos grãos, com porte baixo, galhos distribuídos uniformemente e presença de maturação precoce, semi-precoce e tardia (ORTEGA et al., 2009).

Devido ao fato do Cerrado Mineiro, em grande parte, ter um inverno extremamente seco, com temperaturas amenas, coincidindo com o período de colheita do café, essa é uma das poucas regiões do mundo a produzir cafés naturais, que são aqueles que são secos com a casca. As características básicas do café dessa região são: aroma intenso, com notas variando entre caramelo e nozes, acidez delicada, predominantemente cítrica, corpo variando de mediano a encorpado, sabor adocicado intenso e finalização de longa duração (ORTEGA et al., 2009).

Garlipp (1999) fala que o processo de intensificação do café no Cerrado Mineiro trouxe grandes modificações nas relações sociais de produção, provocando grandes impactos sobre o emprego rural. Houve um aumento do emprego assalariado devido a grande demanda de mão-de-obra pela cultura do café.

Pode se dizer que do COCACCER tem tido como foco principal o desenvolvimento de um sistema de certificação de origem, de qualidade, de idoneidade do modelo de produção de rastreabilidade. Quase toda essa produção certificada é exportada para o Japão, Europa e Estados Unidos (ORTEGA, 2009).

A fim de garantir a origem, a qualidade e a idoneidade do modelo de produção e de rastreabilidade, O COCACCER possui um sistema de georeferenciamento, com banco de dados das propriedades certificadas, permitindo a localização da propriedade, os seus limites e as demarcações de suas áreas, bem como reservas legais, altitude, declividade, cursos d'água, além do mapeamento completo das áreas das lavouras de café (ORTEGA, 2009).

Segundo Karpik (2007), a confiança faz com que se estabeleça uma relação com uma realidade simbólica e social, constituindo uma relação institucionalizada composta de informações e por crenças. No caso do



mercado de produtos certificados por sua origem, uma vez que há grande confiança na instituição, essas crenças podem ser ainda mais consolidadas reduzindo a incomensurabilidade dos produtos.

### **3.3 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas**

Geoprocessamento é a disciplina que utiliza técnicas computacionais e técnicas matemáticas para o tratamento de informações geográficas. Essa tecnologia tem auxiliado de maneira crescente diversas áreas do conhecimento, dentre elas as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, energia, planejamento urbano e regional, entre outras (CÂMARA et al., 2004).

Segundo Raper e Maguire (1992), os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são sistemas computacionais capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular e analisar, exibir e imprimir dados referenciados.

De acordo com Fitz (2008), um SIG é constituído pelos seguintes componentes:

- Hardware, que é a plataforma computacional utilizada;
- Software, que são os softwares, módulos e sistemas vinculados;
- Dados, registros obtidos em uma investigação;
- Peopleware, profissionais ou usuários envolvidos;

As funções do SIG estão ligadas à própria estrutura do sistema, a qual se relaciona às necessidades do usuário (FITZ, 2008). Um SIG pode ser muito útil na previsão de safras agrícolas, no planejamento do escoamento de produção, no manejo de talhões, etc. (ASSAD; SANO, 1998).

O ArcGis é um software que constitui um SIG, que foi desenvolvido para a criação, gestão, integração e análise e uso de dados. Ele oferece uma grande flexibilidade por ser possível adquirir módulos do sistema para realizar operações específicas e por poder ser instalado em um único local de trabalho ou em uma rede global de utilizadores (HOLANDA, 2008).

### **3.4 Sensoriamento Remoto**

O sensoriamento remoto pode ser compreendido como uma tecnologia que permite a obtenção de informações sobre objetos sem manter contato físico com os mesmos. Utiliza-se sensores, equipamentos para o processamento de dados, entre outros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre por meio de registro e análise de interações entre a radiação eletromagnética e as coberturas que compõem a superfície terrestre (NOVO 1989).

O sensoriamento remoto pode ser utilizado para diversas aplicações, dentre elas a agricultura, onde se observa a discriminação das culturas, tipos de vegetação nativa, tipos de florestas cultivadas, otimizando a classificação e elaboração de mapas dos usos das terras de determinada região (NOVO 2008).

Segundo Fitz (2008), os sensores podem ser classificados com relação à origem da fonte de energia ou com relação ao produto gerado.

Com relação à origem da fonte de energia, os sensores podem ser ativos, ou seja, eles possuem fonte de energia (radiação eletromagnética) própria, emitindo uma quantidade de energia suficiente na direção dos alvos para captar sua radiância e reflectância. Uma câmera fotográfica que utiliza flash pode ser classificada como sensor ativo.

Por outro lado, os sensores passivos não possuem fonte de energia própria, necessitando assim de fontes naturais de radiação eletromagnética, particularmente a energia solar, para interagir com os alvos terrestres, e a captação da radiância e reflectância dos alvos de interesse. Uma câmera sem flash é um exemplo de sensor passivo.

Com relação aos produtos gerados existem os “sensores não-imageadores” que traduzem os dados coletados sob forma de gráficos e dados digitais diversos e existem os “sensores imageadores” que representam as informações coletadas na forma de imagens.

De acordo com Fitz (2008), as resoluções dos sensores podem ser classificadas da seguinte maneira:

- Resolução temporal, ou seja, o espaço de tempo que um sensor leva para imagear uma mesma área do globo. Os sensores das imagens dos

satélites landsatm, por exemplo, levam 16 dias para imagear uma mesma área do globo.

- Resolução espacial, que podem ser compreendidas como a capacidade óptica do sensor em função do seu campo de visada, nesse sentido, pode ser traduzida como a área abrangida no terreno por cada pixel correspondente das imagens. Os sensores do satélite landsat, por exemplo, têm uma baixa resolução espacial, de 30 metros, ou seja, representa uma dimensão do terreno de 30 m por 30 m. Os sensores do WorldView, registram imagens orbitais de alta resolução espacial, atingindo 0,4 cm.

- Resolução espectral, dada pelo número de bandas espectrais ou faixas de espectro eletromagnético mediante intervalos de comprimento de onda que os sensores registram a radiância e reflectância dos alvos. Existem sensores multiespectrais, com até 15 bandas e sensores hiperspectrais com números de bandas superiores a 150.

- Resolução radiométrica, está relacionada com a qualidade de números digitais ou tonalidades de cinza registrada em uma imagem, expressa pelo expoente em base primária, por exemplo,  $2^8$  (8 bits), corresponde a 256 tons de cinza: quanto maior o número de tons de cinza, maior será a resolução radiométrica de uma imagem que se traduz pelo maior contraste dos alvos.

### **3.5 Programa Landsat**

#### **3.5.1 Histórico**

O sucesso americano em exploração planetária usando satélites de sensoriamento remoto não tripulado, em meados de 1960, estimulou a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e o Departamento de Agricultura embarcaram em um ambicioso esforço para desenvolver e lançar o primeiro satélite de observação civil. Esse objetivo foi alcançado em 23 de julho de 1972, com o lançamento do primeiro sensor imageador orbital denominado *Earth Resources Satellite Technology 1* (ERTS-1), bordo do satélite Landsat 1. Os lançamentos dos sensores dos satélites Landsat 2, Landsat 3 e Landsat 4, se deram em 1975, 1978 e 1982, respectivamente (USSG, 2016).

Em 1984 foi lançado o sensor imageador Thematic Mapper (TM), mais moderno, com melhores resoluções, apresentando 7 bandas espectrais a bordo do satélite Landsat 5, que gerou dados globais da superfície terrestre e alta qualidade, durante 28 anos e 10 meses. O Landsat 6 falhou ao alcançar a órbita em 1993 (USSG, 2016).

Em 1999 foi lançado com êxito o sensor ETM<sup>+</sup> (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) pelo satélite Landsat 7, que apresentou problemas e encerrou suas atividades antes do previsto. O ETM<sup>+</sup> apresenta uma banda pancromática que permite a expansão da resolução espacial de 30 m do TM para 15 m, gerando imagens orbitais de melhor qualidade. E em 2013, a NASA aperfeiçoou ainda mais o sensor orbital Landsat, produzindo o sensor Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), que foi lançado no satélite Landsat 8, contendo 11 bandas espectrais, sendo uma delas a banda pancromática (USSG, 2016).

### **3.5.2 Sensores OLI e TIRS (Landsat 8)**

A partir de métodos de Processamento Digital de Imagens (DPI), informações produzidas a partir de diferentes tipos de sensores tem sido cada vez mais otimizadas, gerando os mais diversos dados da superfície da terra. Um desses métodos é a fusão de imagens de diferentes características espaciais e espectrais para gerar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectrais original (BRYN, 2008).

O processo de fusão de imagens de sensoriamento remoto visa sempre melhorias na qualidade de imagens e pode ser efetuado tanto com bandas de um mesmo sensor ou com bandas de sensores diferentes (SOARENS et al., 2015).

A partir do lançamento do sensor OLI pelo Landsat 8 em 2013, foram incrementadas nova possibilidade para aquisição de dados e informações espectrais dos alvos de interesse, melhorando as possibilidades de interpretação e processamento digital das imagens, por meio do conjunto dos dois sensores, OLI e o sensor Termal TIRS (SOARENS et al., 2015).

O sensor OLI apresenta uma banda pancromática com resolução espacial de 15 metros e resolução espacial de 30 metros nas demais bandas

espectrais, permitindo a geração de imagens de 15 metros de resolução espacial, coloridas em RGB, por meio de técnicas de fusão digital de imagens, aumentando a capacidade para novos estudos e aplicabilidades dos resultados para a detecção dos alvos, levando em consideração as melhorias agregadas à resolução radiométrica, que estão quantificadas numa faixa dinâmica de 16 bits (SOARES et al., 2015).

As bandas do espectro eletromagnético denominado Infravermelho Termal obtidas pelo sensor TIRS são obtidas durante a noite pela emissão de energia (calor) pela própria Terra são utilizadas para finalidades específicas, como estabelecimento de rede de iluminação urbana e rural, entre outras.

A Figura 1 apresenta a distribuição das bandas espectrais do sensor OLI e TIRS do satélite Landsat 8, assim como suas resoluções espaciais e intervalos de comprimentos de onda. Na Figura 2, apresenta a utilidades das bandas espectrais.

<b>Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)  Launched February 11, 2013</b>	<b>Bands</b>	<b>Wavelength (micrometers)</b>	<b>Resolution (meters)</b>
	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

**Figura 1:** Resolução das espectral e espacial das bandas dos sensores OLI e TIRS do satélite Landsat 8.

**Fonte:** United States Geological Survey (USGS), 2016.

#### Landsat 8 Operacional Terra Imager (OLI) e térmica Sensor Infravermelho (TIRS)

Banda	Comprimento de onda	Útil para mapeamento
Banda 1 - aerosol costeira	0,43-0,45	costeira e estudos de aerossóis
Band 2 - azul	,45-,51	mapeamento batimétrico, solo distintiva de vegetação e de folha caduca da vegetação coníferas
Band 3 - verde	0,53-0,59	Enfatiza vegetação de pico, o que é útil para avaliar o vigor da planta
Banda 4 - vermelho	0,64-0,67	Discrimina encostas de vegetação
Banda 5 - Near Infrared (NIR)	0,85-0,88	Enfatiza o conteúdo de biomassa e linhas costeiras
Banda 6 - de ondas curtas de infravermelho (SWIR) 1	1,57-1,65	Discrimina conteúdo do solo e da vegetação de umidade; penetra nuvens finas
Banda 7 - de ondas curtas de infravermelho (SWIR) 2	2,11-2,29	Melhorou o conteúdo do solo e da vegetação e penetração nuvem fina de umidade
Banda 8 - Panchromatic	0,50-0,68	Resolução 15 metros, definição de imagem mais nítida
Banda 9 - Cirrus	1,36-1,38	detecção melhorada de contaminação nuvem cirrus
Banda 10 - TIRS 1	10,60-11,19	100 resolução metros, mapeamento térmico e umidade do solo estimada
Banda 11 - TIRS 2	11,5-12,51	100 resolução metros, mapeamento térmico melhorado e umidade do solo estimada

**Figura 2:** Resolução espectral e utilidades das bandas dos sensores OLI e TIRS do satélite Landsat 8 para fins de mapeamentos.

**Fonte:** Fonte: United States Geological Survey (USGS), 2016

### 3.6 Geoprocessamento aplicado na estimativa de produção de café

Desde os tempos mais antigos, o ser humano sente a necessidade de fazer a monitoração de sua produção agrícola, a fim de evitar períodos de fome e de controlar o comércio (PINO, 2001).

Pino (2001) descreve a importância de se aprimorar os atuais métodos de estimativas de produção, já que esses métodos apresentam grande subjetividade, recebendo várias críticas, pois não tem base estatística, não sendo possível analisar as qualidades dos resultados a partir dos próprios dados, as medições não apresentam o detalhamento necessário não sendo possível captar variações sutis que ocorram ao longo do tempo, que são as mais interessantes para o mercado. Sendo assim, se faz necessário à inclusão de novas tecnologias, tais como o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas.

Mesmo com a grande importância do agronegócio do café no Estado de Minas Gerais, os dados de área plantada e produção diferem entre instituições governamentais, de pesquisa e de cooperativas regionais que fazem tais

levantamentos. Tais informações encontram-se fragmentadas, tornando difícil a estimativa mais realista da cafeicultura do Estado (SOUZA et al., 2012).

A utilização de imagens de satélites para mapear lavouras de café possui a vantagem de tornar a informação objetiva e, ao mesmo tempo, conhecer a localização das lavouras (ADAMI et al., 2009).

Os Sistemas de Informação Geográfica são ferramentas que possibilita a integração, cálculo, análise, espacialização e exibição das informações sobre a cafeicultura mineira, permitindo assim maior segurança e agilidade nas tomadas de decisão (SOUZA et al., 2012).

Nos primeiros trabalhos realizados com imagens do sensor MSS (Multispectral Scanner Subsystem) do Landsat para estimativas de áreas e de identificação do café, não foi possível fazer a discriminação do café com os alvos subjacentes (VELOSO, 1974; VELOSO; SOUZA, 1976, 1978).

Tardin et al. (1992), mostra que culturas como café, citros e cana de açúcar na região de Furnas, MG, poderiam ser mapeadas com imagens do sensor TM (Thematic Mapper) do Landsat 5. Entretanto este trabalho não apresentou estudos no aspecto multitemporal das imagens, não definindo épocas mais favoráveis na identificação das lavouras de café e sua discriminação nos demais alvos da imagem de satélite, mas destacam que, é essencial que o aspecto temporal seja bastante explorado, devido à alta complexidade dos diversos tipos de manejos adotados na cafeicultura brasileira. Relatam, também, que não houve concordância entre os valores de reflectância obtidos de dados de imagem Landsat TM devido a fatores como arquitetura das plantas, espaçamento, sombreamento, rugosidade da copa, inclinação e orientação das encostas entre outros.

Moreira et al. (2004), acrescenta que características das lavouras de café tais como espaçamento, idade, cultivar, face dos relevos e tratamentos culturais, podem ter grande influencia no comportamento espectral dos alvos.

Dentre os tratamentos culturais realizados no cafeeiro, o que mais altera a resposta espectral do dossel são as podas diversificadas (RENA et al., 1986).

Os quatro métodos de poda mais usuais são:

Recepa: que consiste em um corte no tronco da planta a uma altura de 30 a 40 centímetros do solo. Essa poda geralmente é realizada entre julho a agosto, época que coincide com a disponibilidade de imagens de satélite sem

nebulosidades. Com a realização dessa prática há um predomínio da resposta espectral do solo, mascarando a existência das lavouras de café (MOREIRA et al., 2008).

Na recepa alta é realizado um corte no tronco da planta numa altura de 60 a 100 cm do solo. Essa prática é recomendada quando as lavouras possuem muitos ramos inferiores (plagiotrópicos). Com isso há uma redução na resposta espectral do dossel na faixa do infravermelho próximo, deixando o aspecto da lavoura com falhas na imagem (MOREIRA et al., 2008).

O decote do ramo ortotrópico consiste em um corte realizado no tronco na planta a uma altura de 1,50 a 1,8 metros com perca das folhas na parte superior. Essa poda faz com que haja uma redução da resposta espectral do dossel da lavoura na faixa do infravermelho próximo, e em imagens de sensores orbitais é semelhante à lavouras com baixo vigor vegetativo, semelhante a vegetação do cerrado (BARROS, 2006).

O esqueletamento se trata de um corte nos galhos folhosos deixando pequenas partes dos ramos laterais ao redor do tronco da planta (MOREIRA et al., 2008).

A escolha da época das imagens para o mapeamento de cafezais é um ponto crucial para o sucesso das interpretações das imagens. No período entre setembro a dezembro, o café passa pelas fases fenológicas de florada, chumbinho e expansão dos frutos. De janeiro a março ocorre a granação dos frutos. Nesse período o café encontra-se em máxima atividade fotossintética, portanto com maior vigor vegetativo, sendo assim, essa seria a melhor época para a aquisição das imagens. Entretanto de novembro a março há o plantio de outras culturas agrícolas, que pode acabar dificultando a discriminação das áreas de café (MOREIRA et al., 2007).

Moreira et al. (2004), comentam que é importante a obtenção de imagens correspondentes ao período mais seco, ou seja, entre os meses de junho e outubro, pois nessa época não há presença de culturas anuais e o contraste espectral do café com outros alvos de ocupação do solo é bastante realçado.



### **3.7 Metodologia IBGE para estimativas de safras**

A Produção Agrícola Municipal fornece informações sobre as áreas das lavouras, produção obtida, rendimento médio e valor da produção em nível de município, microrregião, mesorregião, unidades de federação, grandes regiões e Brasil. A pesquisa é feita anualmente e abrange todo o território nacional (IBGE, 2002).

O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) foi implantado pelo IBGE em novembro de 1972. É uma pesquisa de acompanhamento e previsão de safras agrícolas, fornecendo estimativas das áreas, produção e rendimento médio, desde a fase do plantio até a colheita (IBGE, 2002).

Para as culturas perenes, são realizadas nos meses de conclusão da fase de floração, estimativas da área em produção, destinada à colheita na safra, e produtividade prevista, com base nos rendimentos médios normais obtidos nas ultimas safras e pelas condições da cultura e quantidade e qualidade da florada nesse período (IBGE, 2002).

A coleta das informações é realizada por aplicação de um questionário em cada município do país, sendo preenchido pelo agente do IBGE. As estimativas realizadas pelos agentes do IBGE é resultado de contados que os mesmos mantem com técnicos do setor agrícola, com grandes produtores e mediante o próprio conhecimento que o a gente possui sobre as atividades agrícolas dos municípios ou região onde atua. No caso de algumas culturas, consultam-se entidades específicas de controle e incentivo, que detêm melhores informações sobre os produtos de interesse (IBGE, 2002).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área

A microrregião de Paracatu, pertencente à mesorregião do Noroeste de Minas Gerais, integrante do Cerrado Mineiro, engloba 10 municípios: Brasilândia de Minas, Guarda Mor, João Pinheiro, Lagamar, Lagoa Grande, Paracatu, Presidente Olegário, Vazante, São Gonçalo do Abaeté e Varjão de Minas (Figura 3).

A região do Cerrado Mineiro tem uma temperatura média de 18°C a 23°C, altitude ideal para a produção de café de 800 a 1300 metros acima do nível do mar e um índice pluviométrico médio de 1600 milímetros anuais, apresentando baixa umidade relativa do ar e precipitação no período de colheita. Juntamente com as características do relevo, essas são condições bastante favoráveis ao cultivo do café (ORTEGA et al., 2009).

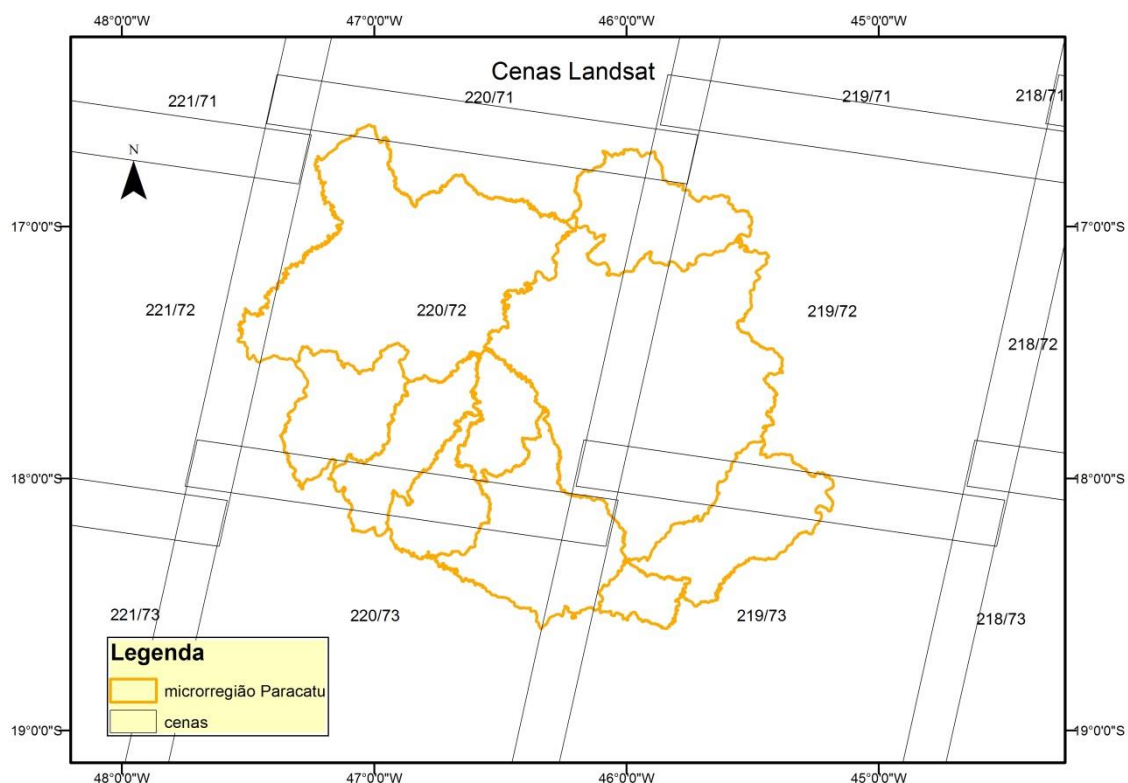


**Figura 3:** Mapa de localização da microrregião de Paracatu, MG.

**Fonte:** IBGE (2010)

## 4.2 Mapeamento de cafezais por meio de imagens Landsat

Para a realização do mapeamento das áreas de produção de café por meio de imagens de satélite Landsat 8 da microrregião de Paracatu no ano de 2016, primeiramente foram selecionadas as imagens que seriam utilizadas no trabalho. Essa seleção foi realizada por meio da elaboração de um mapa da distribuição das cenas das imagens Landsat 8 com cobertura da região, apresentado na Figura 4.

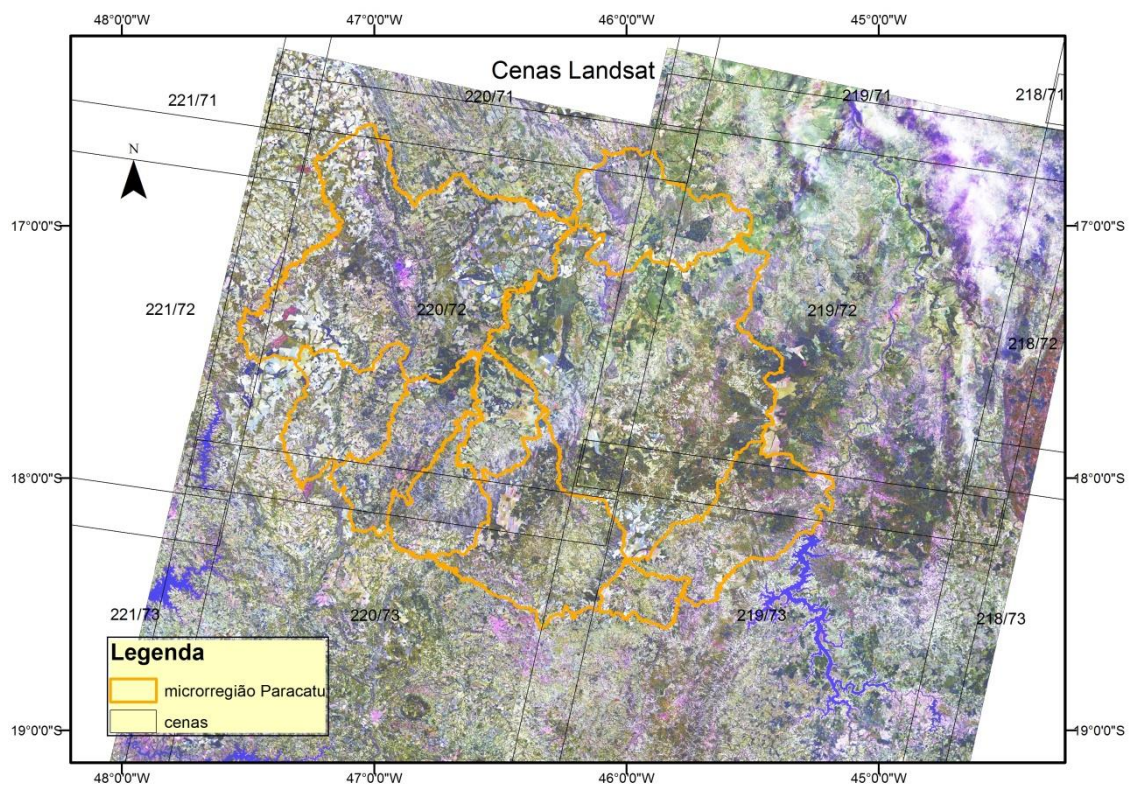


**Figura 4:** Mapa das cenas de imagens Landsat com cobertura da microrregião de Paracatu, MG.

**Fonte:** IBGE (2010).

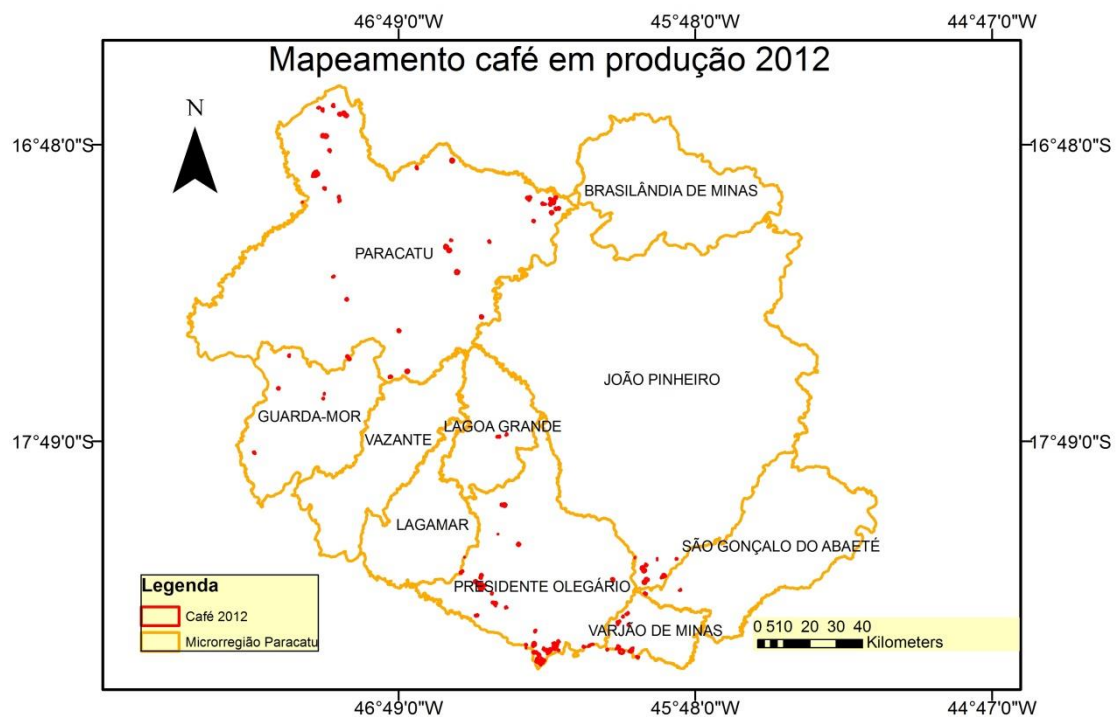
Com isso, foram selecionadas e adquiridas as imagens do sensor OLI/Landsat 8, correspondentes às orbitas-ponto 219/72, 220/73, 220/72 e 220/73, datadas de 09/08/2016, 09/08/2016, 30/06/2016 e 14/06/2016, respectivamente. Foi feito o download gratuito das cenas do Landsat 8 correspondente às cenas das órbitas-ponto selecionadas, por meio da página do *United States Geological – USGS* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Com o uso do software ArcGIS, foi realizado o processo de composição de bandas, utilizando as bandas 7, 6 e 4 dando origem a uma imagem colorida em RGB com resolução espacial de 30 metros. Posteriormente a imagem colorida foi fusionada com a banda 8, que é a banda pancromática com resolução espacial de 15 metros, tendo como resultado final uma imagem colorida em RGB de 15 metros de resolução espacial. Esse processo de fusão de bandas foi realizado com as imagens de cada cena das órbitas-ponto selecionadas para o trabalho (Figura 5).



**Figura 5:** Cenas de imagens Landsat 8 em composição colorida de bandas em RGB utilizadas na área de estudo.

O mapeamento das áreas ocupadas pela cafeicultura em produção da microrregião de Paracatu - MG, em 2016, foi realizado por meio de edição vetorial manual, utilizando como base o mapeamento da mesma região feito em 2012 pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB(Figura 6).

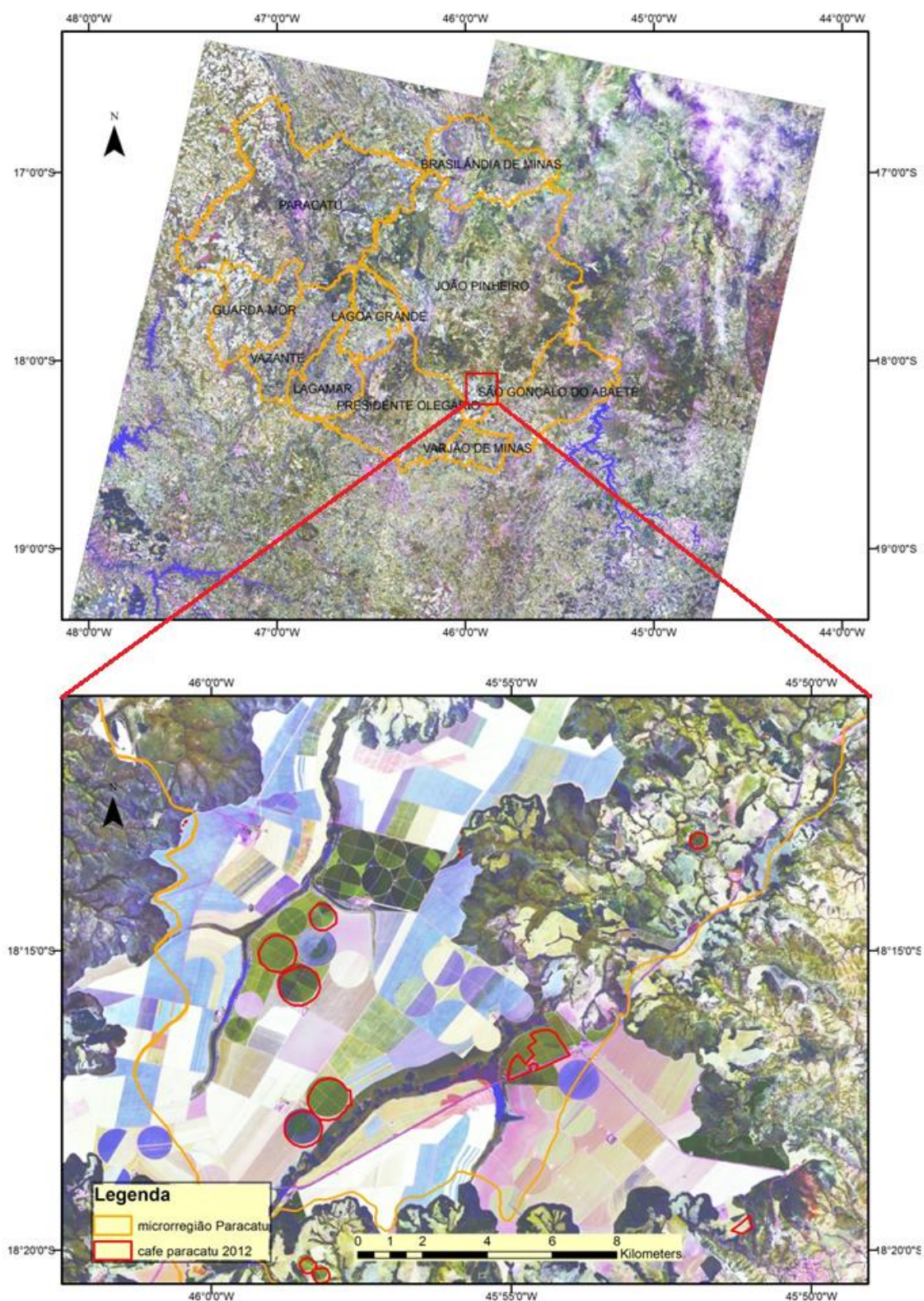


**Figura 6:** Distribuição das áreas de produção do café mapeadas em 2012 pela CONAB.

**Fonte:** IBGE (2010).

Por intermédio da Figura 7, que representa um recorte do mapeamento das áreas ocupadas pela cafeicultura, realizado pela CONAB em 2012, pode-se verificar o detalhamento das áreas mapeadas cultivadas com café nesse ano.





**Figura 7:** Recorte do mapeamento de 2012 sobreposta em um recorte da imagem Landsat 8 de 2016. Sul de João Pinheiro. Cena 219/73 datada em 14/06/2016.

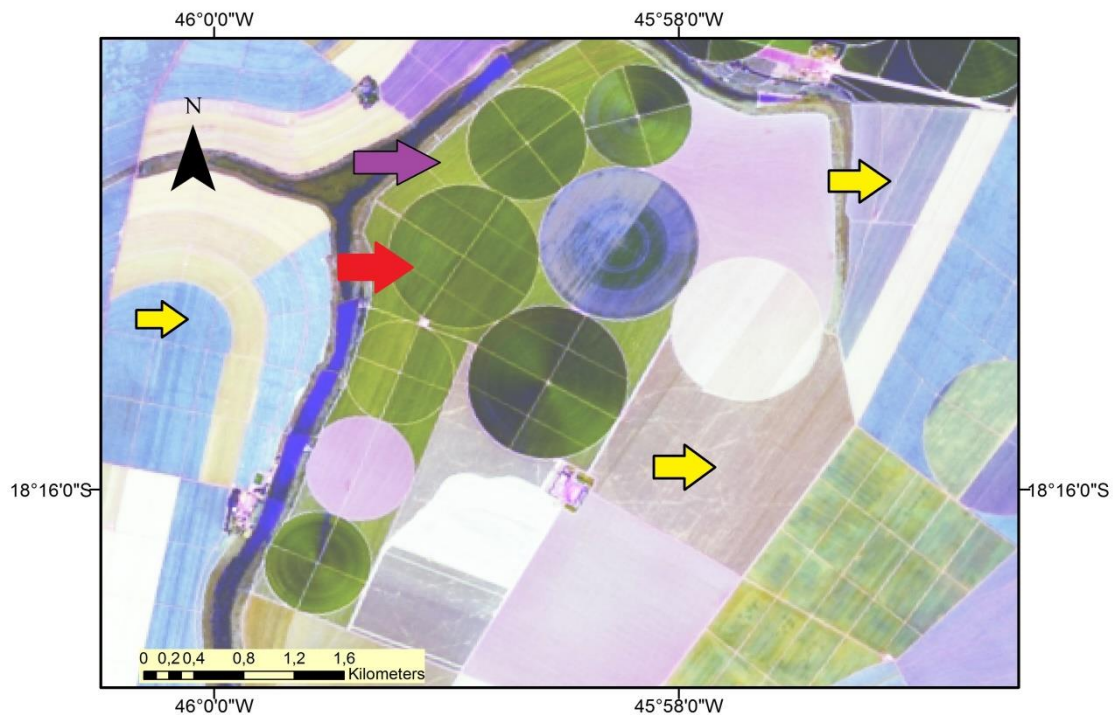
Para auxiliar a edição vetorial das áreas ocupadas pela cafeicultura da região do estudo em 2016, também foi utilizado imagens do software *Google Earth*. As imagens mais recentes e de maior resolução espacial em relação às imagens Landsat 8 utilizadas pelo *Google Earth*, facilitaram a identificação das áreas de produção de café da área estudada. Nas áreas ocupadas pela cultura do café identificadas nas imagens do Google Earth foram marcados pontos para a localização dessas áreas nas imagens Landsat 8. Esses pontos foram salvos em formato kml e posteriormente convertidos em arquivos de pontos shapefile (.shp). Estes pontos em arquivos shapefile, foram exportados para o software ArcGIS para a localização e verificação da manutenção das áreas de cafeicultura nas imagens Landsat 8.

As figuras 8 e 9 ilustram a utilização de imagens do *Google Earth* para verificação de áreas cultivadas em áreas específicas. A figura 8 apresenta uma imagem CNES/ASTRIUM extraída do *Google Earth* com data de imageamento de 5/7/2016 e a figura 9 apresenta uma imagem do sensor OLI/Landsat 8 correspondente à data de 4/8/2016, ambas de mesma área de cobertura, onde estão indicados pela seta vermelha área de café irrigada por pivô central, pelas setas em amarelo as áreas que são ocupadas por culturas anuais e pela seta roxa áreas de café sem irrigação por pivô central.



**Figura 8:** Áreas de produção de café, identificadas em uma imagem CNES/ASTRIUM extraída do Google Earth. Imagem de 5/7/2016.





**Figura 9:** Áreas cultivadas com café avaliadas na imagem do sensor OLI/Landsat 8, em composição colorida RGB 7,6,4 de 4/8/2016, cena 219/73. Recortada do Sul de João Pinheiro.

As imagens das figuras 8 e 9 mostram o padrão das respostas espectrais da cafeicultura nessa região, em tonalidades verdes mais escuras, onde as áreas com cafezais são mantidas nas duas imagens, com datas diferentes e as demais áreas cultivadas representam ocupação por agricultura anual, onde na imagem do *Google Earth* (Figura 8) apresentam alto vigor vegetativo e na imagem do sensor OLI/Landsat 8 (Figura 9) encontram-se recobertas por palhadas, após colheita. Este exemplo ilustra o auxílio de imagens do *Google Earth* no mapeamento de café.

Após a edição vetorial manual das áreas de produção de café da microrregião de Paracatu - MG foram calculadas as áreas de estimativa de produção de café para cada município da microrregião estudada. E com o somatório destas foi alcançado à estimativa de produção de café da região estudada no ano de 2016. Tanto a vetorização quanto o cálculo das áreas, foram realizados por meio do *software* ArcGIS.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 10 apresenta um mapa da distribuição das lavouras de café em produção na microrregião de Paracatu, MG, realizado por meio de técnicas de sensoriamento remoto em imagem do sensor OLI/Landsat 8 no ano de 2016.



**Figura 10:** Distribuição das lavouras de café em produção na microrregião de Paracatu - MG, no ano de 2016.

**Fonte:** IBGE (2010)

Pelo mapeamento de 2016 verificou-se maior quantidade de lavouras de café em produção concentradas na parte sul da microrregião, representada pelos municípios de Presidente Olegário, Varjão de Minas e sul de João Pinheiro. O município de Paracatu também apresenta uma boa quantidade de lavouras de café em produção na sua região norte. Nos demais municípios há pouca ou nenhuma lavoura de café em produção.

A Tabela 1 apresenta o resultado em hectares do mapeamento das lavouras em produção de café no ano de 2016, realizado a partir de técnicas de sensoriamento remoto utilizando imagens do sensor OLI/Landsat 8.

**Tabela 1.** Área em hectares mapeada das lavouras em produção de café do ano de 2016 da microrregião de Paracatu, MG, por meio técnicas de sensoriamento remoto em imagem do sensor OLI/Landsat 8.

<b>Microrregião de Paracatu</b>	
<b>Municípios</b>	<b>MAPEAMENTO 2016 (ha)</b>
Brasilândia de Minas – MG	0,00
Guarda-Mor – MG	38,80
João Pinheiro – MG	1743,91
Lagamar – MG	47,71
Lagoa Grande – MG	0,00
Paracatu – MG	1527,92
Presidente Olegário – MG	4800,44
São Gonçalo do Abaeté – MG	58,28
Varjão de Minas – MG	1746,42
Vazante – MG	0,00
<b>Total</b>	<b>9963,47</b>

Nos municípios de Basilândia de Minas, Lagoa Grande e Vazante, não foi possível perceber nenhuma área em produção de café pelas imagens do sensor OLI/Landsat 8. O município que apresentou uma maior área de café em produção foi Presidente Olegário seguido por Varjão de Minas, João Pinheiro, Paracatu, São Gonçalo do Abaeté, Lagamar e Guarda-Mor.

A Tabela 2 apresenta uma avaliação das estimativas das áreas em produção das lavouras de café da microrregião de Paracatu – MG dos anos de 2015 deita pelo IBGE (2015) e pelo mapeamento de 2016 realizado por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

**Tabela 2:** Áreas em produção de café feito pelo IBGE no ano de 2015 com o mapeamento de 2016.

<b>Municípios - Microrregião Paracatu, MG</b>	<b>IBGE - 2015 (ha)</b>	<b>MAPEAMENTO POR TÉCNICAS SR*- 2016 (ha)</b>
Brasilândia de Minas – MG	0	0,00
Guarda-Mor – MG	297	38,80
João Pinheiro – MG	1600	1743,91
Lagamar – MG	0	47,71
Lagoa Grande – MG	137	0,00
Paracatu – MG	1400	1527,92
Presidente Olegário – MG	3700	4800,44
São Gonçalo do Abaeté – MG	300	58,28

Varjão de Minas – MG	1634	1746,42
Vazante – MG	0	0,00
<b>Total</b>	<b>9068</b>	<b>9963,47</b>

\* Mapeamento de áreas produtoras de café realizado neste trabalho por meio técnicas de sensoriamento remoto em imagem do sensor OLI/Landsat 8.

O cálculo das áreas ocupadas por cafeicultura mapeadas em 2016 pela metodologia de sensoriamento remoto, em relação às áreas produtoras de café da mesma região fornecidas pelo IBGE para o ano de 2015 (IBGE, 2015) apresentou uma pequena diferença. Essa diferença constituiu 895,47 ha de áreas em produção de café na microrregião de Paracatu, representando 9,87% em relação aos dados obtidos neste trabalho para o ano de 2016.

Essa variação de 9,87% no cálculo da área produtora de café da microrregião de Paracatu, MG, de 2015 para 2016, por meio de dados obtidos por metodologias distintas, pode ser considerada aceitável. Tal fato permite constatar que o mapeamento realizado por sensoriamento remoto se demonstrou eficiente, considerando a grande dificuldade de estabelecimento preciso de áreas de produção de café, em função das características de manejo desta cultura.

Essa diferença das áreas em produção de café constatado pelos dados do IBGE de 2015 em relação aos resultados obtidos neste trabalho para a ano de 2016 pode ser justificado a partir do mapeamento realizado neste trabalho, que mostra redução das áreas produtoras de café nos municípios de Guarda-Mor, Lagoa Grande e São Gonçalo de Abaeté de 2015, dados estimados pelo IBGE em 2015 (IBGE, 2015) para o mapeamento realizado em 2016 por sensoriamento remoto. Essa redução pode ser devido a manejos culturais, tais como a poda ou erradicação das áreas por problemas fitossanitários, por exemplo, não sendo assim possível a identificação dessas áreas pelas imagens do sensor OLI/Landsat 8 no mapeamento realizado em 2016. Moreira et al. (2008) relatam que as podas do tipo recepa, são feitas no período de julho a agosto coincidindo com a época de disponibilidade de imagens satélites de boa qualidade, sem nebulosidades, tais como as utilizadas neste trabalho. Tal fato pode ser um dos motivos da redução das áreas em produção de café nestes municípios. Sendo assim, só é possível identificar as áreas que estão em condições de produção de café.

Devido as características da cultura do café, que apresenta uma grande variabilidade entre as lavouras e sobreposição das repostas espectrais com áreas de vegetação nativa de mata, é mais difícil definir um padrão de identificação para o café por meio de técnicas de sensoriamento remoto em imagens do sensor OLI/Landsat 8 em relação às outras culturas agrícolas (VIEIRA et al., 2006). No entanto, em importantes regiões produtoras, como é o caso da região do Cerrado, onde o relevo é mais suavizado, as lavouras ocupam grandes extensões e são mais homogêneas, a ocorrência de matas é restrita às matas de galeria ou ciliares, permitindo que imagens TM/Landsat e OLI/Landsat possam ser usadas no levantamento e monitoramento de lavouras de café conforme Vieira et al. (2006).

Na região do Cerrado Mineiro, mais especificamente na microrregião de Paracatu - MG, onde o relevo é mais plano, tal fato foi constatado. Pelas imagens do sensor OLI/Landsat 8, verificou-se que as lavouras possuem grandes extensões e são mais homogêneas, além da ocorrência de grandes lavouras com irrigação realizadas por pivô central, concordando com EMBRAPA (2013), que relata que uma das maiores concentrações de pivô centrais se encontra no municípios situados no oeste do Estado de Minas Gerais (Mesorregiões Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro/ Alto Parnaíba) e apontam a microrregião de Paracatu como a microrregião que apresentou maior número de estabelecimentos rurais com pivôs centrais.

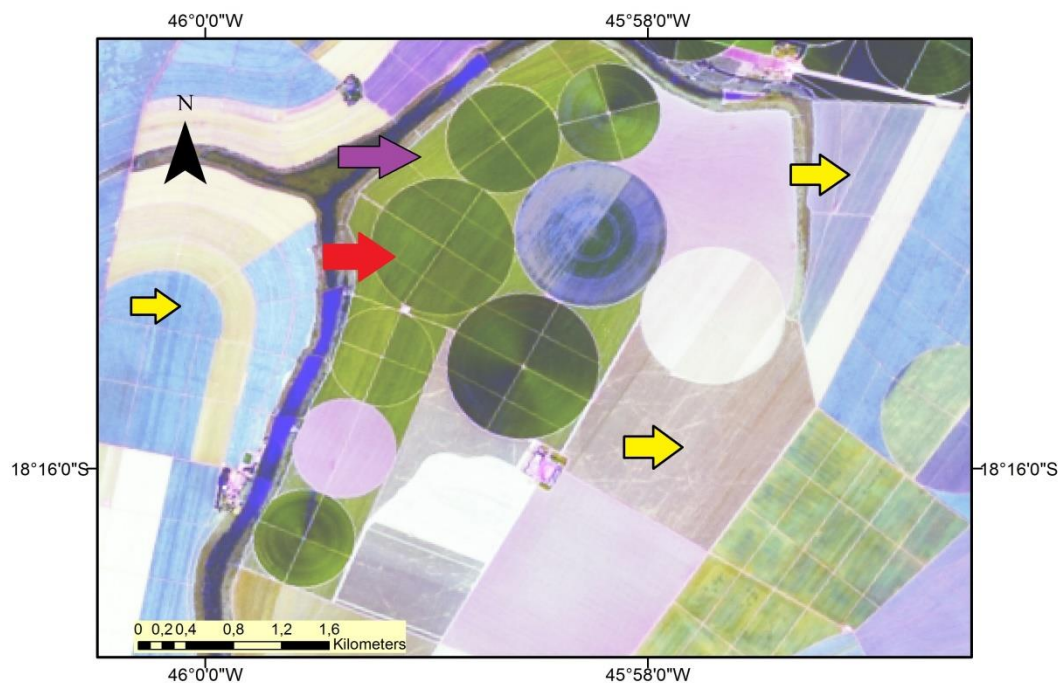
Outro fato que favorece o mapeamento de áreas de produção de café por meio de metodologias de sensoriamento remoto em imagens de satélite, refere-se à utilização de imagens correspondentes ao período mais seco do ano, dos meses de junho a agosto, pois não há presença de culturas anuais nessa época, facilitando a discriminação das lavouras do café (MOREIRA et al., 2004). Segundo Moreira et al. (2004), o contraste da cultura do café com outros alvos de ocupação do solo é bastante realçado nessa época do ano.

Lima (2015) utilizou a composição de bandas 7R, 6G e 4B para o mapeamento das culturas graníferas de verão do Distrito Federal no ano de 2015. Baseado nisso, foi utilizado essa mesma composição de bandas para a realização do mapeamento das lavouras de café em produção da microrregião de Paracatu – MG onde se demonstrou ser eficiente para identificação visual desta cultura. Moreira et al (2007), por exemplo, utilizaram imagens Landsat/

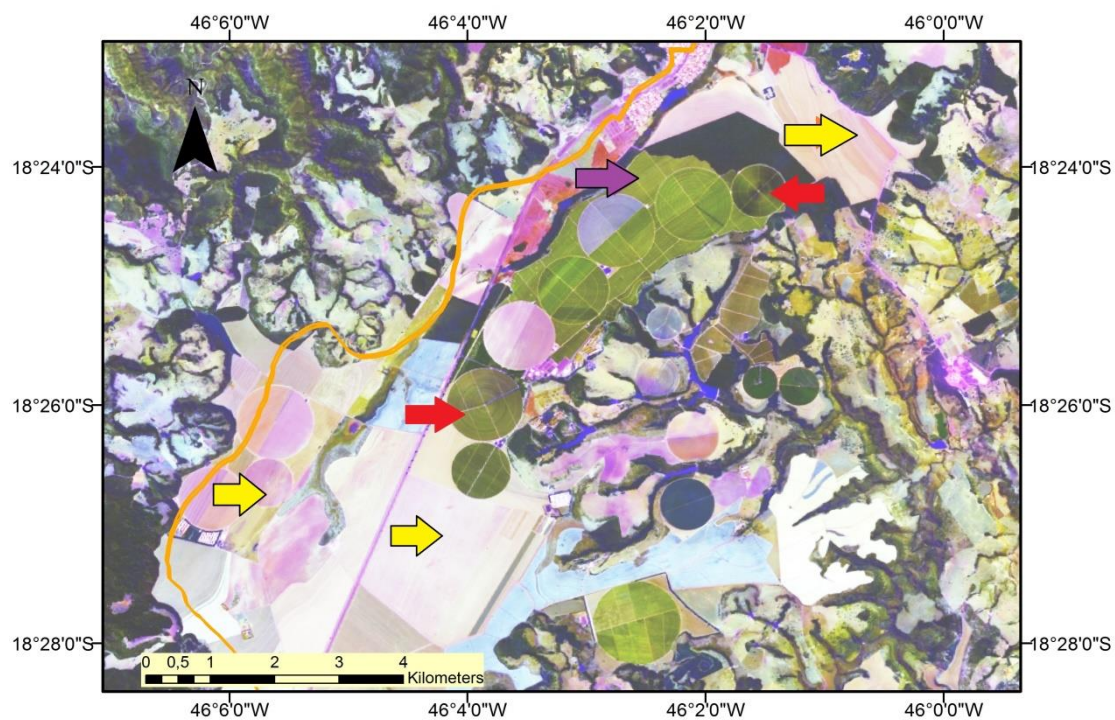
TM 5 na composição 3(B), 4(R), TM5(G) para fazer mapeamento de áreas de café em Minas Gerais.

As Figuras 11 e 12, que representam uma porção da cena 219/73 e os municípios de João Pinheiro e Varjão de Minas, respectivamente, mostram a resposta espectral das lavouras do café utilizando essa composição de bandas. A resposta espectral da cultura do café também foi favorecida pela época do ano das imagens de satélites, correspondentes aos meses mais secos, com pouca ou nenhuma nebulosidade (MOREIRA et al., 2004; 2008). Pode-se observar pela Figura 11 e 12, que as imagens utilizadas verifica-se somente presença de lavouras de café. Nas áreas onde há cultivo de culturas anuais (indicadas pelas seta amarelas) , nessa época do ano ou o solo está exposto ou com cobertura de palhada, originando bom contraste espectral entre as áreas em produção de café (MOREIRA et al, 2004). De acordo com Machado et al (2010) as imagens do período mais seco do ano são mais eficientes para mapeamento de café em Produção.

Por meio das Figuras 11 e 12, também é possível verificar a presença de grandes áreas irrigadas por pivô central (indicadas pela seta vermelha), facilitando a identificação e mapeamento das áreas de café em produção. Constataram-se diferenças das respostas espectrais das áreas irrigadas com pivô central das áreas que não são irrigadas (indicadas pela seta roxa), variando a tonalidade do verde. De acordo com Ponzoni (2002) a umidade absorve a radiação eletromagnética e, conseqüentemente diminui a reflectância dos alvos, assim, a tonalidade verde mais escuro da cultura do café sob irrigação via pivô central é resultado desta premissa.



**Figura 11:** Áreas cultivadas com café avaliadas na imagem do sensor OLI/Landsat 8, em composição colorida 7R,6G,4B de 4/8/2016. Imagem recortada da porção sul do município de João Pinheiro.



**Figura 12:** Áreas cultivadas com café avaliadas na imagem do sensor OLI/Landsat 8, em composição colorida 7(R), 6(G), 4(B) de 4/8/2016. Imagem recortada da porção leste do município de Varjão de Minas.

Adami et al. (2009) concluem que a exatidão do mapeamento do café está relacionada com o tipo de vegetação da região que podem causar confusão com a cultura do café, condições de manejo e práticas culturais, além do tipo de relevo. Nesse sentido, a exatidão de mapeamento deve ser feita por extrato. De acordo com o trabalho de Adami et al. (2009) a exatidão geral do mapeamento das lavouras de café no Estado de Minas Gerais foi de 95%.

Moreira et al. (2008) utilizaram imagens TM/Landsat, CDD/CEBERS e o banco de imagens de alta resolução espacial do *Google Earth* (2006), de acordo com esse estudo os métodos de mapeamento via sensoriamento remoto se mostraram eficazes para o mapeamento da cafeicultura na região de Minas Gerais. Relatam que o uso de imagens de sensores orbitais com media resolução espacial como TM/Landsat, CDD;CEBERS e HRV/SPOT são ferramentas estratégicas que possibilitam obter informações temáticas com menor custo quando comparado com métodos convencionais, minimizando a subjetividade de métodos indiretos.

Com a realização desse trabalho constatou-se que estimativas realizadas a partir de sensoriamento remoto são de baixo custo e mais rápidas, diferentemente de métodos utilizados, como por exemplo, pelo IBGE, onde a estimativa é realizada por métodos subjetivos, com coletas de informações a partir de aplicação de questionários em cada município do país, contatos que os agentes do IBGE têm com agricultores ou técnicos agrícolas, por meio do Levantamento Sistemático da Produção agrícola (LSPA) (IBGE, 2002).

Essas informações são confirmadas por Adami (2004) que afirma que a vantagem de ser fazer estimativas por sensoriamento remoto é por ser uma técnica de baixo custo, ágil e rápida. Outra vantagem é tornar as informações objetivas e, ao mesmo tempo, conhecer a localização das lavouras (Adami et al., 2009).

## **6 CONCLUSÕES**

Foi feito o mapeamento das lavouras em Produção de café da microrregião.

Foi realizada uma estimativa de áreas em produção de café da microrregião.

Houve uma variação das áreas das estimativas das áreas em produção de café realizada por metodologias distintas (IBGE 2015 e mapeamento por meio de técnicas de sensoriamento remoto 2016).

A técnica de sensoriamento remoto é eficiente para se realizar estimativas de áreas em produção de café.



## 7 REFERÊNCIAS

ADAMI, M. **Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, 183 p., 2004.

ADAMI, M.; MOREIRA, M. A; BARROS, M.A.; MARTINS, V.A.; RUDORFF B.F.T. Avaliação da exatidão do mapeamento da cultura do café no Estado de Minas Gerais. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1-8.

AZULGARAY, D.; AZULGARAY, C. **Flora brasileira**. Sao Paulo: Tres Livros, 1984.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2ed. Brasília: Embrapa - SPI/ Embrapa Cerrado, 1998, 434 p.

BARROS, M.A. **Geotecnologias como contribuição ao estudo do Agroecossistema cafeeiro de Minas Gerais em nível municipal**. 2006. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.

BRASIL, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO; **Acompanhamento da Safra 2005/2006**. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em 10 de outubro de 2016.

BRASIL, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Geotecnologia**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=533&t=2>> Acesso em: 8 de outubro de 2016

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=26&i=P&c=1618>> Acesso em: 15 de novembro de 2016.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Café**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>> Acesso em: 10 de outubro de 2016.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases Cartográficas**. Disponível em <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>> Acesso em: 1 de dezembro de 2016.

- BRYN, L. M. **Página dinâmica para aprendizado do sensoriamento remoto**. 2008. P. 78. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html>. Acessado em 12/10/2016.
- CAMPOS. P. M.; SOUZA. A.L.F.; PIFFER, T. R. O.; LIMA, F. A. S.; FERNANDES, L. B. Área plantada do milho 2ª safra no município de Sorriso, Mato Grosso, Brasil. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 18. Belém, PA, 2013.
- CHARGALAMUDI, P.; PLUNKETT, G. W. Mapping applications for low-cost remote sensing and geographic information systems. **International Journal of Remote Sensing**. Vol. 14, p. 3181-3190. 1993.
- D'ARCO, E. **O uso de geotecnologias para estimativa da área plantada de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul**. São José dos Campos. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE, 206 p. 2008.
- DALLEMAND, J. F. **Identificação de culturas de inverno por interpretação visual de dados SPOT e LANDSAT TM no noroeste do Paraná**. São José dos Campos: INPE, 1987. 116p. Dissertação de Mestrado.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Concentração Geográficas de pivôs centrais no Brasil, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Sete Lagoas, MG, 31p. 2013.
- EPIPHÂNIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento Remoto de três parâmetros 40 agrônômicos de trigo e de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.10, p. 1615-1624, 1991.
- FIGUEIREDO, D. C. Projeto GeoSafras – aprimoramento metodológico das estimativas de safras. **Anais... XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Florianópolis-SC, 2007, p. 191-195.
- FITZ, R. F. **Geoprocessamento sem complicação**. 1a ed. São Paulo, SP, Oficina de textos, 2008. 160p.
- GARLIPP, Ana A. B. P. **Mecanização e emprego rural: os casos do café e da cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (MG)**. Dissertação de mestrado. Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, agosto de 1999.
- HOLANDA, J. L. R. **Desenvolvimento de um banco de dados georreferenciado (SIG) para as informações geológicas disponíveis do domínio Ceará central**. Fortaleza: UFC, 2008. 61p. Dissertação de mestrado.

- IBGE. **Pesquisas agropecuárias**. 2.ed. Rio de Janeiro: Série Relatórios Metodológicos, 2002. 96p
- KARPIC, L. *L'économie des singularités*. Editions Gallimard, 2007
- Lima, F. M. **Mapeamento das culturas graníferas de verão do Distrito Federal**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015, 45 p. Monografia de Graduação.
- LUIZ, A. J. B.; BARROS, M. G. M. DE; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHÂNIO, J. C. N. Comportamento espectral associado a parâmetros agronômicos de soja (*Glycine Max*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 103-110, 2001.
- MACHADO, M. L.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C.; FILHO, E.I.F.; LACERDA, M. P. C. MAPEAMENTO DE ÁREAS CAFEEIRAS (*Coffea arabica* L.) DA ZONA DA MATA MINEIRA USANDO SENSORIAMENTO REMOTO. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 113-122, maio/ago. 2010
- MEDEIROS, J. S. DE; CÂMARA, G. **Curso "Geoprocessamento para Projetos Ambientais"**, 2002. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/). Acessado em: 20 Out. 2016
- MOREIRA, M.A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B.F.T. **Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.3, p.223-231, mar. 2004.
- MORERIA, M.A.; BARROS, M.A.; FARIA, V.G.C.; ADAMI, M.; Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p.27-37, 2007
- MOREIRA, M.A.; BARROS, M.A.; RUDORFF, B.F.T; **Geotecnologias no mapeamento da cultura do café em escala municipal**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, **20** (1): 101-110, jun. 2008
- NOVO, E.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, p. 1-8, 1989. 308p.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto. Princípios e aplicações**. 3a ed. São Paulo: Blucher, 2008. 328p.
- ORTEGA, A.C.; JESUS, C.M. **Território, Certificação de origem e a busca da singularidade. O caso do café do cerrado**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Porto Alegre, 2009.
- PINO, F. A. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agricultura em São Paulo**, v. 46, n. 2, p. 71-105, 1999.

PINO, F.A. Estimação subjetiva de safras agrícolas. **Informações Econômicas**, v.31, p.55-58, 2001.

RAMILO, G. A. I; EPIPHANIO, J. C. N; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; **ENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL COMO MEIO AUXILIAR NA PREVISÃO DE SAFRAS**. Agricultura em São Paulo, SP, v.46, n.1 p. 89-101, 1999.

RAPER, J. F.; MAGUIRE. D. J. Designe Models and Functionality in GIS. **Computers and eosciences**, London. v. 18, n. 4. p. 387-400, 1992.

RENA, A.B.;et al. **Cultura do Cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986.440p.

RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 57 n. 3, p. 226-234, 2005.

SILVA, M. R. DA; SOUZA, A. L. F.; AMARAL, G. M.; PIFFER, T. R. O.; FIGUEIREDO, D. C. Utilização de imagens MODIS para geração de máscaras de culturas de verão para o ano-safra 2011/2012 na Região Centro-Oeste. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 16, 2013, Foz do Iguaçu, PR, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 4907-4913.

SILVA JUNIOR, C. A. DA; MOREIRA, E. P.; FRANK, T.; MOREIRA, M. A.; BARCELLOS, D. Comparação de áreas de soja (*Glycinemax* (L) Merr.) obtidas por meio da interpretação de imagens TM/Landsat e MODIS/Terra no município de Maracaju (MS). **Bioscience Journal**. , v. 30, 2, p. 707-716, 2014.

SMITH, T. R.; MENON, S.; STAR, J. L.; ESTES, J. Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems. **International Journal of Geographic Information Systems**, vol. 1, p. 13-31. 1987.

SOARES, R.B.; SOAREAS. C.B.S.S.; COSTA, L.A.L. ; COSTA, S.S.; SOARES, R.B. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

SOUZA, V.C.O.; VIEIRA, T.G.C.; VOLPATO, M.M.L.; ALVES, H.M.R. **ESPACIALIZAÇÃO E DINÂMICA DA CAFEICULTURA MINEIRA ENTRE 1990 E 2008, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO**. Coffee Science, Lavras, v. 7, n. 2, p. 122-134, maio/ago. 2012.

TARDIN, A.T.; ASSUNÇÃO, G.V.; SOARES, J.V. Análise preliminar de imagens TM visando a discriminação de café, citrus e cana-de-açúcar na região de Furnas-MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1355-1361, 1992.

United States Geological Survey (USGS). **Landsat**. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov//tools\\_faq.php](http://landsat.usgs.gov//tools_faq.php)> Acesso em: 2 de nov. 2016.

VELOSO, M.H. **Coffe inventory through orbital imagery**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1974. 20p. (SR-525).

VELOSO, M.H.; SOUZA, D.D. **Sistema automático de inventário cafeeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Café, 1976. 8p.

VELOSO, M.H.; SOUZA, D.D. **Trabalho experimental de inventariação automática de cafezais utilizando magens orbitais e o equipamento image-100**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1978. 2p.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M.; LACERDA, M. P. C.; VEIGA, R. D.; EPIPHANIO, J. C. N. Crop parameters and sperctral response of coffee (*Coffea arábica* L.) areas within the state of Minas Gerais, Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 111-118, 2006.